А. А. Алямовский

SolidWorks/ COSMOSWorks 2006–2007

Инженерный анализ методом конечных элементов

ДМК Пресс
издательство
Москва, 2007

УДК 004.4`274
ББК 32.973.26-018.2
А60

Алямовский А. А.
А60 SolidWorks/COSMOSWorks 2006–2007. Инженерный анализ методом конечных эелемнтов. – М.: ДМК, 2007. – 784 с., ил. (Серия «Проектирование»).

ISBN 5-94074-337-4

В данной книге рассматривается конечно-элементный пакет COSMOSWorks, интегрированный в CAD-систему SolidWorks. Представлено описание системы; функциональные возможности продукта рассмотрены с позиции инженерного расчета на прочность. Выделен круг задач, которые могут быть объектом расчета. Акцент сделан на проблемах, возникающих при использовании метода конечных элементов в задачах из области механики. Разобраны типовые вопросы конечно-элементного моделирования: контактная задача, соединения, тонкостенные конструкции, тепловой расчет и термоупругость, оптимальное проектирование. В качестве примеров приводятся расчеты канонических объектов, а также реальные инженерные проекты.

Приведены рекомендации по созданию адекватных моделей, по эффективному использованию программы во взаимодействии с SolidWorks, модулем динамического анализа COSMOSMotion, приложением для решения задач аэрогидродинамики и теплопередачи – COSMOSFloWorks, с другими приложениями SolidWorks. Показаны достоинства и ограничения, присущие интегрированным продуктам.

Книга содержит информацию по системе DesignSTAR, предназначенной для взаимодействия с такими CAD-системами, как SolidEdge и Autodesk Inventor. Затрагиваются вопросы выбора конфигурации ПК для MCAD/CAE-систем. Представлены результаты тестирования компьютеров на типовых задачах.

По сравнению с изданием от 2004 года материал существенно переработан и дополнен. Изложение ведется на базе версии продуктов 2006, 2007 года, интерфейс и функциональность которых претерпели существенные изменения. Уделено значительное внимание моделям с соединителями, гибридными сетками. Расширен круг примеров, связанных с контактными задачами, физической нелинейностью, комплексными проблемами механики твердого тела, кинематики, аэрогидродинамики и теплопередачи. Также исправлены замеченные неточности и недоработки.

Книга будет полезна инженерам, аспирантам и студентам старших курсов в качестве практического пособия по методам численного моделирования в механике. Также она может служить справочником по системе COSMOSWorks.

УДК 004.4`274
ББК 32.973.26-018.2

Все права защищены. Любая часть этой книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами без письменного разрешения владельцев авторских прав.

Материал, изложенный в данной книге, многократно проверен. Но, поскольку вероятность технических ошибок все равно существует, издательство не может гарантировать абсолютную точность и правильность приводимых сведений. В связи с этим издательство не несет ответственности за возможные ошибки, связанные с использованием книги.

ISBN 5-94074-337-4

© Алямовский А. А., 2006
© Оформление ДМК Пресс, 2007

Краткое содержание

ПРЕДИСЛОВИЕ 16

ВВЕДЕНИЕ 18

Глава 1
ОСНОВЫ COSMOSWorks 48

Глава 2
ПРОСТРАНСТВЕННАЯ МОДЕЛЬ 169

Глава 3
ПОВЕРХНОСТНАЯ МОДЕЛЬ 205

Глава 4
КРИТИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ
И ФОРМЫ ПОТЕРИ УСТОЙЧИВОСТИ 251

Глава 5
СОБСТВЕННЫЕ ЧАСТОТЫ И ФОРМЫ
КОЛЕБАНИЙ 269

Глава 6
ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ 279

Глава 7
ОПТИМИЗАЦИОННАЯ ЗАДАЧА 309

Глава 8
СБОРКИ 329

Глава 9
ПРИКЛАДНЫЕ ЗАДАЧИ 479

Глава 10
СПЕЦИАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ 601

Глава 11
НЕЛИНЕЙНЫЙ АНАЛИЗ – COSMOSWorks и COSMOSDesignSTAR 647

Глава 12
РАЦИОНАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ SolidWorks 691

Глава 13
ВОКРУГ COSMOSWorks 711

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 736

Приложение I
ВЕРСИЯ 2007 ГОДА 737

Содержание

Предисловие 16

Введение 18

Аудитория 19
Предназначение книги 19
Соглашения 20
Благодарности 21
Контактная информация 21
SolidWorks и COSMOSWorks – инструменты инженера 22
Комплектация 23
Системные требования 27
Установка 29
Метод конечных элементов 35
Первые результаты 37

Глава 1
Основы COSMOSWorks 48

1.1. Интерфейс 50
1.1.1. Составные части 50
1.1.2. Менеджер проекта 50
1.1.3. Меню 53
1.1.4. Панели инструментов 53
1.2. Взаимодействие с SolidWorks 58
1.3. Решаемые задачи и виды анализа 62
1.3.1. Упражнения 62
1.3.2. Параметры 63
1.3.3. Сценарии проектирования 64
1.4. Материалы 66
1.5. Критерии прочности 71
1.5.1. Номенклатура 71
1.5.2. Критерий Мизеса 72
1.5.3. Критерий максимальных касательных напряжений 74

1.5.4. Критерий Мора-Кулона 74
1.5.5. Критерий максимальных нормальных напряжений 75
1.6. Системы координат и справочная геометрия 76
1.7. Единицы измерения 77
1.8. Дискретизация 78
1.8.1. Общие положения 78
1.8.2. Порядок элементов и точность расчета 81
1.8.3. Сетка твердотельная и сетка поверхностная 82
1.8.4. Параметры настройки 83
1.8.5. Что такое качественная сетка? 86
1.8.6. Локальное уплотнение сетки 91
1.8.7. Специальные приемы 94
1.9. Граничные условия 102
1.9.1. Общие положения 102
1.9.2. Кинематические граничные условия 105
1.9.3. Статические граничные условия 108
1.9.4. Рабочая нагрузка 113
1.9.5. Дистанционные нагрузки (граничные условия на удалении) 117
1.9.6. Массовые нагрузки 129
1.9.7. Симметрия 133
1.9.8. Задача теплопроводности 139
1.9.9. Характерные ошибки 139
1.10. Процедуры решения 140
1.11. Представление результатов 141
1.11.1. Параметры отображения 142
1.11.2. Сечения 148
1.11.3. Изоповерхности 151
1.11.4. Анимация 152
1.11.5. Численные значения 153
1.11.6. Значение в точке 157
1.11.7. Сохранение результатов в графических файлах 159
1.11.8. Протоколы сценариев проектирования 160
1.11.9. Отчеты 167

Глава 2
Пространственная модель 169
2.1. 3D-детали 170

2.1.1. Особенности моделирования 170
2.1.2. Точность и эффективность 176
2.2. 2D-детали 178
2.3. Исходные данные – обязательный набор 180
2.4. Характерные ошибки 181
2.5. Результаты и их интерпретация 182
2.5.1. Состав результатов 182
2.5.2. Напряжения в узлах и в элементах 183
2.5.3. Деформированная модель 185
2.5.4. Локальные системы координат для результатов 187
2.5.5. Главные напряжения 190
2.5.6. Сила реакции 191
2.5.7. Критерии прочности и запасы прочности 196
2.5.8. Ошибка вычисления напряжений 200
2.5.9. Адаптивные сетки в моделях на базе твердых тел 203

Глава 3
Поверхностная модель 205

3.1. Функциональные возможности 206
3.2. Особенности моделирования 208
3.2.1. Построение сетки 208
3.2.2. Граничные условия 218
3.2.3. Симметрия 221
3.3. Обязательный набор исходных данных 227
3.4. Параметры настройки 227
3.5. Характерные ошибки 229
3.6. Результаты и их интерпретация 229
3.7. Гибридные сетки – сопряжение элементов твердых тел и оболочек 238

Глава 4
Критические нагрузки и формы потери устойчивости 251

4.1. Функциональные возможности 252
4.2. Особенности моделирования 255
4.3. Обязательный набор исходных данных 259
4.4. Параметры настройки 260

4.5. Анализ 261
4.6. Точность 263
4.7. Характерные ошибки 265
4.8. Результаты и их интерпретация 266

Глава 5
Собственные частоты и формы колебаний 269
5.1. Функциональные возможности 270
5.2. Особенности моделирования 271
5.3. Обязательный набор исходных данных 273
5.4. Параметры настройки 273
5.5. Анализ 275
5.6. Точность 276
5.7. Характерные ошибки 276
5.8. Результаты и их интерпретация 276

Глава 6
Тепловой расчет 279
6.1. Функциональные возможности 280
6.2. Граничные условия 282
6.3. Особенности моделирования 289
6.3.1. Стационарный расчет 289
6.3.2. Нестационарный расчет 290
6.3.3. Реализация корректных граничных условий 292
6.3.4. Построение сетки 293
6.4. Обязательный набор исходных данных 294
6.5. Настройки 294
6.6. Анализ 296
6.7. Точность 296
6.8. Характерные ошибки 296
6.9. Результаты и их интерпретация 300
6.10. Задача термоупругости 301

Глава 7
Оптимизационная задача 309
7.1. Постановка задачи и основные алгоритмы 310
7.2. Обязательный набор исходных данных 317

7.3. Точность и сходимость 318
7.4. Параметры настройки 319
7.5. Особенности моделирования 321
7.6. Характерные ошибки 322
7.7. Результаты и их интерпретация 322

Глава 8
Сборки 329

8.1. Функциональные возможности 330
8.2. Обязательный набор исходных данных 332
8.3. Ограничения функциональности 333
8.4. Особенности моделирования 334
8.4.1. Адекватные модели. Общие рекомендации 335
8.4.2. Дискретизация сборок 335
8.5. Граничные условия 341
8.5.1. Общие положения 341
8.5.2. Взаимодействие деталей и контактные граничные условия 343
8.5.3. Задача собственных значений для механизмов 346
8.5.4. Оптимизация 349
8.6. Монолитные сборки 350
8.7. Контактная задача 351
8.7.1. Интерфейс 352
8.7.2. Общие положения 356
8.7.3. Базовые типы контакта и вопросы численной реализации 357
8.7.4. Перемещения малые и большие 368
8.7.5. Контакт с трением и без него 372
8.7.6. Горячая посадка 373
8.7.7. Контактная податливость 377
8.7.8. Кинематика 378
8.8. Тепловой расчет сборок 378
8.8.1. Функциональные возможности 378
8.8.2. Контактные граничные условия 379
8.8.3. Контактное тепловое сопротивление 384
8.8.4. Особенности моделирования излучения 389
8.9. Характерные ошибки 402

8.10. Результаты и их интерпретация 403
8.10.1. Интерференция деталей в деформированной сборке 403
8.10.2. Проблема осреднения напряжений на границе контакта 404
8.10.3. Контактные напряжения и точность расчета 406
8.10.4. Особенности применения функции Design Check 408
8.11. Методология расчета 410
8.12. Виртуальные объекты сборок 419
8.12.1. Соединитель Rigid 421
8.12.2. Соединитель Elastic Support 423
8.12.3. Условие контакта Virtual Wall 431
8.12.4. Соединитель Pin 434
8.12.5. Соединитель Bolt 445
8.12.6. Соединитель Spot Welds 463
8.12.7. Соединитель Spring 467
8.12.8. Соединитель Link 474
8.12.9. Выводы 477

Глава 9
Прикладные задачи 479

9.1. Разъемные соединения 480
9.2. Сварные соединения 485
9.3. Анизотропные конструкции 494
9.4. Сосуды давления и трубопроводы 503
9.5. Расчет дисков колес 507
9.6. Ферменные конструкции 517
9.7. Термоупругость теплообменника – решение в COSMOSWorks 523
9.8. Термоупругость отражателя – связь с COSMOSFloWorks 527
9.9. Действие ветровых нагрузок – связь с COSMOSFloWorks 559
9.10. Динамика механизмов и импорт данных 568

Глава 10
Специальные методы моделирования 601

10.1. Имитация падения 602